

# ドライバの注視行動に基づく視線計測システムの自動校正

山城 賢二<sup>†</sup> 高橋友和<sup>(注1),†</sup> 井手 一郎<sup>†</sup> 村瀬 洋<sup>†</sup> 樋口 和則<sup>††</sup>  
内藤 貴志<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 名古屋大学大学院 情報科学研究科 〒 464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

<sup>††</sup> (株) 豊田中央研究所 〒 480-1192 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 41-1

E-mail: †{yamashiro,ttakahashi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

あらまし 交通事故の原因として脇見運転や安全不確認などがあり、これらを防ぐためにドライバの視線方向を利用する研究が多く報告されている。正しい視線計測を行うには視線計測システムの校正作業が必要である。一般的な校正作業の問題点として、視線計測前に指定された点を注視しなければならないためユーザに負担がかかる点がある。本稿では運転中に視線計測システムの自動校正を行う手法を提案する。ドライバの自然な注視行動に注目し、サイドミラーやバックミラーの位置を校正の際の基準点とする。車線変更時の視線分布を用いて EM アルゴリズムによりミラー注視時の視線方向を推定し、その情報を用いて校正を行う。本研究の特徴は、従来では運転開始前に行う必要があった手間のかかる校正作業を省き、運転中にドライバに意識させることなく自動校正することである。一般道走行時の視線データを用いて実験を行い、提案手法の有効性を確認した。

キーワード 自動キャリブレーション, 視線計測システム, ドライバ, 注視行動

## Automatic Calibration of an In-vehicle Gaze Tracking System Based on the Driver's Gaze Behavior

Kenji YAMASHIRO<sup>†</sup>, Tomokazu TAKAHASHI<sup>†</sup>, Ichiro IDE<sup>†</sup>, Hiroshi MURASE<sup>†</sup>, Kazunori  
HIGUCHI<sup>††</sup>, and Takashi NAITO<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, 464-8601 Japan

<sup>††</sup> Toyota Central Research & Development Laboratories, Inc

E-mail: †{yamashiro,ttakahashi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

**Abstract** Many researches to measure and to use driver's gaze directions have been reported to prevent traffic accidents caused by inattentive driving, neglect of safety confirmation, etc. The calibration process of a gaze tracking system is necessary to measure the correct gaze directions. However, several conventional methods for the calibration process have some problems that it causes difficulties for users because they have to gaze at specified points before the gaze directions are measured. In this paper, we propose a method for automatic calibration of a gaze tracking system. We pay attention to the driver's typical gaze behavior, and thus use the rearview and side view mirror positions as the data points for the calibration process. The effectiveness of the proposed method was demonstrated by experiments on gaze direction data while driving local roads.

**Key words** Automatic Calibration, Gaze Tracking System, Driver, Gaze Behavior

### 1. はじめに

平成 19 年の交通事故による死者は 6 千人を割り減少傾向に

ある。しかし、発生件数は約 83 万件、死傷者数は約 104 万件であり依然として多い [1]。交通事故の原因として、脇見運転や安全不確認などがある。これらはドライバの視線方向に応じて警告することで防げると考えられる。そのため、ドライバの視線計測を行うことは安全運転支援に必須である。

(注1)：現在、岐阜聖徳学園大学経済情報学部

正しい視線計測を行うには視線計測システムの校正作業が必要である。この校正作業は、システムが算出した視線と、実際の視線との間に存在するずれを修正するために行う。ずれが発生するのは、眼球形状や顔特徴などの個人差が視線計測へ影響を与えるためである。また、同じユーザでも照明や姿勢変化などにより、視線計測時の画像処理へ影響を与えるためにずれが生じる。一般的な校正作業は、指定された複数の基準点を順次注視し、得られた視線と実際の注視位置の関係から校正用パラメータを算出することにより実現される。しかし、指定された点を順次注視することはユーザにとって非常にわずらわしい作業である。また、視線計測前に校正作業を行わなければならない。ドライバの運転支援について考えた場合、運転開始前に視線計測システムの校正作業を毎回行うのは現実的ではない。

そこで、本研究ではドライバの注視行動に注目し、運転中に視線計測システムを自動校正する手法を提案する。具体的には、バックミラーと右サイドミラーを校正の際の基準点とし、車線変更時のドライバの視線分布からミラー注視時の視線方向を推定することにより校正を行う。提案手法では、校正を絶えず行うことで運転時の照明変化や姿勢変化などにも対応可能である。本研究の特徴は、従来では運転開始前に行う必要があった手間のかかる校正作業を省き、運転中にドライバに意識させることなく自動校正することである。

以降、第2節では本研究に関連する研究について述べる。第3節では提案手法の手順について説明する。第4節では一般道を走行した際のドライバの視線データを用いて実験を行い、提案手法の有効性を評価する。第5節では本研究のまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 視線計測システムの校正作業に関する研究

通常、視線計測システムの校正には位置を既知とする3~20点の固定基準点を順次注視する作業が必要である。しかし、複数の基準点を順次注視し続けることはユーザに非常に負担がかかる作業である。そのため、視線計測システムの校正作業の簡略化を目指す研究がある。

そのひとつとして、校正時に注視する基準点の数を減らす研究がある。大野らは眼球形状モデルを用いて視線計測誤差を補正することにより、最低2点の固定基準点による校正作業を実現する視線測定システム FreeGaze を試作した[2]。

また、移動する基準点を使用した校正手法に関する研究もある[3]。固定した点を注視させるよりも、ユーザにとってより自然な作業として、移動する点を注視させることによって、ユーザへの負担の軽減を図っている。この研究では、ディスプレイ上に移動する点を表示し、その点を継続的に注視させることで、点と視線の関係の複数組測定する。その関係を用いて校正を行い、複数の固定基準点を用いた場合よりも高精度な校正を実現した。

しかしながら、これらの研究では指定された点を見ることにより校正を行うため、ユーザに少なからず負担がかかる。また、運転中に指定された点を見ることは困難かつ危険であるため、運転開始前に校正作業を行う必要がある。しかし、運転開始前

に毎回校正作業を行うことは現実的ではない。さらにこれらの手法はいずれもユーザの頭部位置が固定されている場合にのみ利用可能な手法である。しかし、ドライバの視線計測を考えた場合、ドライバの交代や姿勢変化によって頭部位置が変化する。以上の理由により、従来提案されてきた一般的な校正作業はドライバの視線計測システムには向かない。

そこで本研究ではドライバの自然な注視行動に注目し、運転中に視線計測システムの自動校正を行う。

## 3. ドライバの注視行動に基づく視線計測システムの自動校正

### 3.1 手法概要

本研究では、ドライバの注視行動に注目し、視線計測システムの自動校正を行う手法を提案する。バックミラーと右サイドミラーを位置が既知である基準点とし、車線変更時の視線データからバックミラー、右サイドミラー注視時の視線方向を推定することにより校正を行う。

提案手法が想定する状況、目的について述べる。視線を計測する場合、従来は運転開始前に運転計測システムの校正が行われていた。提案手法では、校正されていない視線計測システムによって得られるドライバの視線データを入力とする。得られる視線データは水平方向の視線角度、垂直方向の視線角度である。校正されていないシステムで計測された視線と実際の正しい視線との間にはずれが存在する。そのずれを補正するための校正用パラメータを求め、測定された視線を補正する。提案手法では、運転中に校正用パラメータの推定を絶えず行うことで運転時の照明変化や姿勢変化などにも対応可能である。

提案手法の全体の流れを図1に示す。提案手法では、運転中のドライバの視線データのうち、一般的にバックミラー、右サイドミラーを注視する頻度が増加する左レーンから右レーンへの車線変更前および車線変更中の視線データを用いる。まず、視線の移動速度からバックミラー、右サイドミラー、正面方向のいずれかを注視していると推定される視線データを抽出する。次に、視線分布がバックミラー、右サイドミラー、正面方向の3つの混合分布であると仮定し、EMアルゴリズムを用いてミラー注視時の視線方向を推定する。得られた視線方向と実際の視線方向を用いて校正用パラメータを求め、校正を行う。以降、各処理について詳細を説明する。

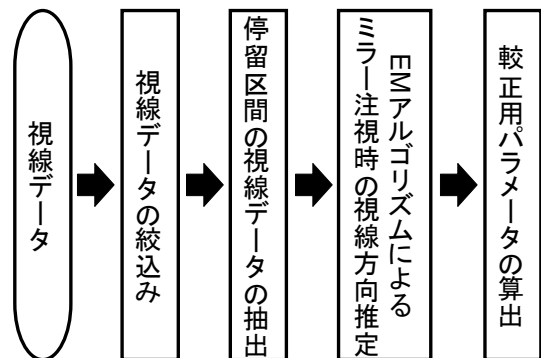


図1 提案手法全体の流れ

### 3.2 視線データの絞込み

提案手法では、運転中のドライバーの視線データのうち、左レーンから右レーンへの車線変更前および車線変更中のドライバーの視線データを用いる。車線変更時には、ミラーを注視する頻度が増加するためである[4]。例として、約1時間走行した際の見視線データの分布を図2に示し、そのうち車線変更14回分の視線データの分布を図3に示す。車線変更時の視線データだけに絞ることでミラー注視時の視線方向の推定精度が向上すると考えられる。車線変更の自動検出については、ウインカ操作とGPSを用いた研究[5]などがあるため、提案手法では車線変更は何らかの手段により検出されているものとする。

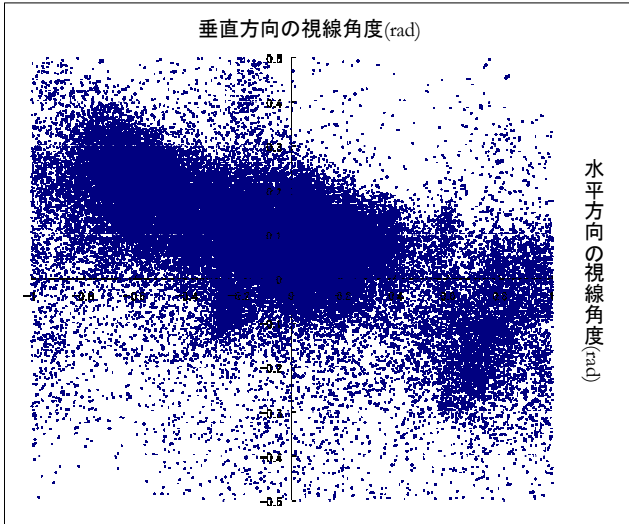


図2 全視線データの分布

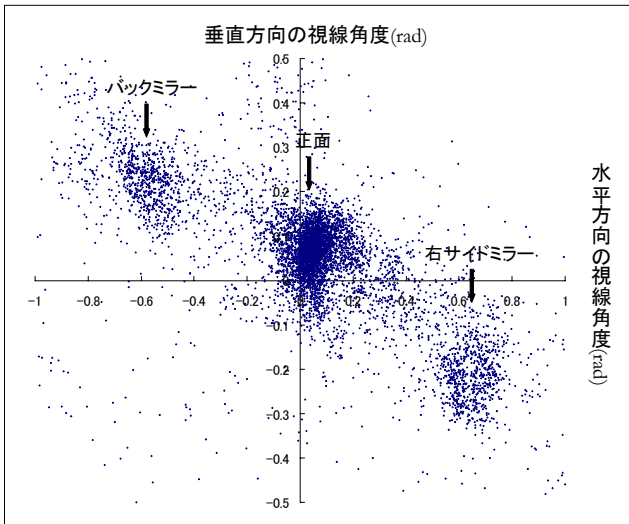


図3 車線変更時の視線データの分布

### 3.3 停留区間の視線データの抽出

ドライバーの視線データのうち、ミラーまたは正面を注視している区間を停留区間と呼ぶ。停留区間以外の区間はミラー注視時の視線方向を推定するのに不必要なデータであり、むしろ雑音となって視線方向推定に悪影響を与えられ。停留区間以外の区間として、具体的には正面とミラーの間を視線が

移動する区間がある。

停留区間の抽出方法を以下に示す。停留区間では連続する数サンプルにわたり視線の移動速度が小さいと考えられる。そのため、連続する  $N$  個のサンプル  $\mathbf{x}_i (i = n, n+1, \dots, n+N)$  を含む区間に対して、その区間内の2つのサンプル間のユークリッド距離の最大値が、閾値  $C$  以下の場合を停留区間と定義する。式1に停留区間の定義式を示す。

$$\max \sqrt{(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j)^T (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j)} < C \quad (1)$$

$(i, j = n, n+1, \dots, n+N)$

この定義に従って停留区間の視線データを抽出する。例として、車線変更時の視線データ(図3)から停留区間の視線データを抽出した結果を図4に示す。

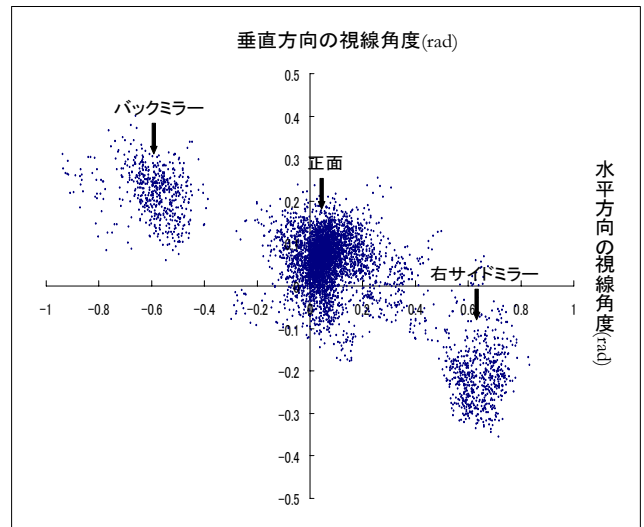


図4 停留区間の視線データの分布

### 3.4 EM アルゴリズムによるミラー注視時の視線方向推定

視線データの分布からミラー注視時の視線方向を推定する。車線変更時の視線分布は、バックミラー、右サイドミラー、正面付近に集中する。そのため、提案手法では視線データの分布が3つの正規分布の混合により形成されていると仮定する。

混合正規分布に対するEMアルゴリズムは文献[7]を参照した。EMアルゴリズムを用いて3つの正規分布の各平均ベクトルを求め、それらをバックミラー、右サイドミラー、正面注視時の推定視線方向とする。

### 3.5 較正用パラメータの算出と視線の較正

計測される視線と実際の正しい視線の間にはずれが存在する。このずれを修正するための較正用パラメータを算出する。提案手法では、計測される視線と実際の視線の間のずれを平行移動、回転、拡大縮小の関係で近似的に補正可能であると仮定する。計測された視線  $(x, y)$  と較正後の視線  $(x', y')$  の関係は式2で表される。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \text{ ただし, } H = \begin{pmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \\ -w_2 & w_1 & w_4 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

提案手法では、推定されたミラー注視時の視線方向と実際の

視線方向の関係から較正用パラメータを算出する．具体的には行列  $H$  の4つの未知数  $w_1, \dots, w_4$  を求める．その際に基準点としてバックミラー，右サイドミラー注視時の視線方向の2点を用いる場合とそれに正面注視時の視線方向を加えた3点を用いる場合を考える．2点を用いる場合に推定された視線方向と実際の視線方向の関係を式3に示す．ただし，推定されたバックミラー，右サイドミラー注視時の視線方向を  $(x_b, y_b)$ ， $(x_r, y_r)$ ，実際のバックミラー，右サイドミラー注視時の視線方向を  $(x'_b, y'_b)$ ， $(x'_r, y'_r)$  とする．式3から較正用パラメータを算出する．3点を用いる場合には，最小2乗法を用いて較正用パラメータを算出する．

$$\begin{pmatrix} x'_b & x'_r \\ y'_b & y'_r \\ 1 & 1 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} x_b & x_r \\ y_b & y_r \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

求められた較正用パラメータを用いて視線を補正するには，式4を用いる．ただし，計測された視線を  $(x, y)$ ，較正後の視線を  $(\hat{x}, \hat{y})$  とする．

$$\begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \\ 1 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

#### 4. 実験と考察

実際に一般道を走行するドライバの視線データを用いて提案手法の有効性を評価する．まず，実験に使用するデータについて述べ，次にそれぞれの実験の概要と手順，結果を示し，個別に考察を行う．

##### 4.1 実験条件

本実験では，実際に一般道を自由に走行した際のドライバの視線データを使用した．被験者には，普通乗用車で一般道路を約1時間走行してもらった．ドライバの視線はSeeingMachines製の視線計測装置FaceLAB [6]を用いて計測レート60スキャン毎秒で計測した．視線データは，水平方向の視線角度と垂直方向の視線角度である．FaceLABの視線計測用カメラはダッシュボードの上に設置した．図5にドライバ，視線計測用カメラ，ミラーの位置関係を示す．

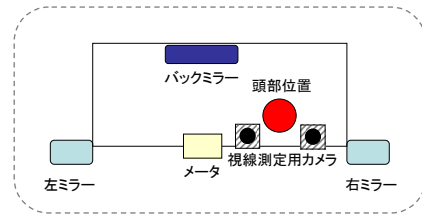
また，被験者にはバックミラー，右サイドミラー，スピードメータを見る際，直前に発話によって提示してもらった．これはミラー注視時の視線方向の正解データを作成するためである．

##### 4.2 ミラー注視時の視線方向の推定精度

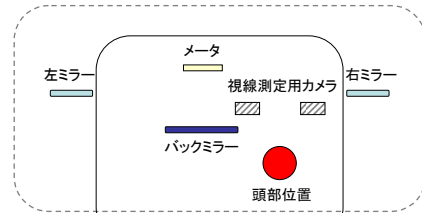
提案手法では，較正を行うための基準点としてミラー注視時の視線方向を使用する．そのため，ミラー注視時の視線方向の推定精度評価実験を行った．

###### 4.2.1 実験手順

この実験では，左レーンから右レーンへの車線変更時の視線データ14回分を使用した．ただし，対象とする車線変更区間はウインカ点灯開始5秒前からウインカ点灯終了までとし，人手で抽出した．このデータに対して，提案手法を用いて停留区間を抽出し，EMアルゴリズムを用いてミラー注視時の視線方向を推定した．EMアルゴリズムで用いた各初期値を表1に



(a) ドライバ後方から見た位置関係



(b) ドライバ上方から見た位置関係

図5 ドライバ，視線計測用カメラ，ミラーの位置関係

示す．式1を用いて停留区間を抽出する際は，10個のサンプル ( $N = 10$ ) に対して2つのサンプル間の最大ユークリッド距離が0.15 rad以下 ( $C = 0.15$ ) の場合を停留区間として抽出した．

表1 EMアルゴリズムの初期値

	平均ベクトル	分散共分散行列	混合比
バックミラー	$(-0.34, 0.14)$	$\begin{pmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{pmatrix}$	0.80
右サイドミラー	$(0.65, -0.40)$	$\begin{pmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{pmatrix}$	0.10
正面	$(0.00, 0.00)$	$\begin{pmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{pmatrix}$	0.10

また，停留区間の抽出を行わない場合，つまり車線変更時の全データを用いる場合についても，同様の手順でミラー注視時の視線方向を推定した．

推定された視線方向が正しいかを評価するためにバックミラー，右サイドミラー注視時の正解視線方向を作成する必要がある．被験者に各ミラーを見る際に発話により提示してもらった際の視線データをバックミラー54回，右サイドミラー32回分抽出し，1回ごとの平均を計算し，それらを平均したものを各ミラー注視時の正解視線方向とした．

###### 4.2.2 実験結果

ミラー注視時の視線方向の推定精度を評価するために，推定視線方向と正解視線方向の間のユークリッド距離を計算した．推定されたバックミラー，右サイドミラー注視時の視線方向と各正解視線方向の間のユークリッド距離を表2に示す．

###### 4.2.3 考察

車線変更時の全データを用いた場合よりも停留区間のデータを用いた場合の方がミラー注視時の視線方向を精度よく推定で



表 2 推定視線方向と正解視線方向の間のユークリッド距離 [rad]

使用データ	バックミラー	右サイドミラー
全データ	0.105	0.105
停留区データ (提案手法)	0.009	0.041

きることが分かった。全データを用いた場合、バックミラー、右サイドミラー注視時の視線方向ともに正解視線方向よりも中央寄りに推定された。これは停留区間以外の視線データ、特にミラーと正面の間を移動する視線の影響によるものと考えられる。停留区間のみを用いた場合に精度が向上したことから、提案手法により視線データから停留区間を抽出することの有効性が確認できた。

推定誤差の大きさについて考える。バックミラーの視線方向推定誤差 0.009 rad は、バックミラーと頭部の間の距離が 50 cm であると仮定した場合、約 0.5 cm の誤差に換算される。また、右サイドミラーの視線方向推定誤差 0.041 rad は、右サイドミラーと頭部の間の距離が 70 cm であると仮定した場合、約 2.8 cm の誤差に換算される。ドライバがミラーを見る際にミラーのどの部分を見るかは状況によって異なるため、上記の誤差はミラーの大きさの範囲内であることから、良好にミラー注視時の視線方向を推定できたと考える。

### 4.3 車線変更回数の変化とミラー推定精度の関係

運転中に自動較正をするにあたり、なるべく少ない回数の車線変更でミラー注視時の視線方向を推定できることが望まれる。そこで使用する車線変更のデータの回数を変化させた場合に、推定されるミラー注視時の視線方向の精度がどのように変化するかを実験により調査した。

#### 4.3.1 実験手順

1 回分の車線変更区間のデータを用いる場合から、14 回分の車線変更区間のデータを用いる場合まで 1 回分ずつのデータを増やし、それぞれのデータに対してミラー注視時の視線方向を推定する。14 回分のデータの順番をランダムに並び変えた 20 通りのデータに対して実験を行う。

#### 4.3.2 実験結果

20 通りのデータに対する各ミラーの推定視線方向と正解視線方向との間のユークリッド距離の平均値を推定誤差としてそれぞれ算出した。車線変更回数による誤差の変化を図 6 に示す。

#### 4.3.3 考察

車線変更 1 回分を使用した場合では推定精度が低いものの、2 回分以降では徐々に推定精度が向上する傾向があることを確認した。回数が少ない場合に推定精度が低い原因を考える。発話による記録から車線変更時にミラーを見ていない場合があることが確認された。この場合にはミラー注視時の視線方向を推定することは困難である。また、車線変更時にスピードメータを注視している場合があった。この場合、ミラーを見ている時間とスピードメータを見ている時間の割合が同程度であったため、スピードメータを見ている際のデータが推定方向に影響を与えたと考えられる。回数が増すにつれ、ミラー注視時の視線データの割合が増え、ノイズや他の場所を注視しているデータの割合は小さくなる。そのため、それらのデータの影響が小さ

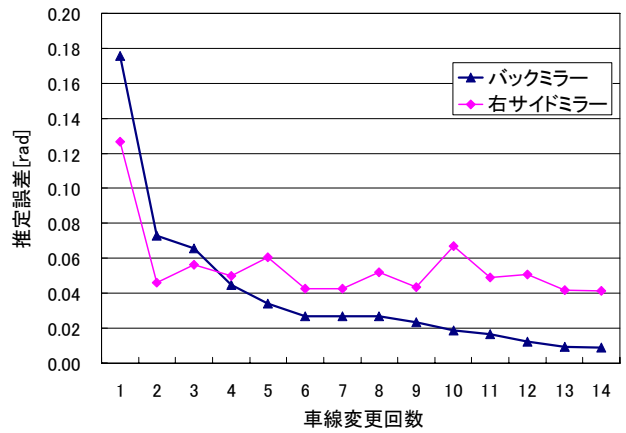


図 6 車線変更回数の変化と誤差の関係 (20 通りの平均値)

くなり、推定精度が向上したと考えられる。

### 4.4 視線データの較正精度

提案手法によって、ずれを含む視線をどの程度の精度で較正できるかを調査した。

#### 4.4.1 実験手順

本実験では 4.1 節で示した実験走行時に計測された視線を実際の正しい視線とし、4.2 節で求めた推定視線方向をミラー、正面注視時の正しい視線方向とする。ずれを想定し、計測された視線からずれを含む視線データを作成した。このデータを本実験の入力データとする。具体的には、計測された視線データのうち、車線変更 14 回分のデータを 10 度時計回りに回転し、それを 1.2 倍拡大し、水平方向、垂直方向に 0.2 rad 平行移動したデータを用意した。式 5 に変換式を示す。ただし、 $(x, y)$  は正しい視線データ、 $(x', y')$  は変換後のずれを含むデータである。ここで、 $(x', y')$  を本実験での入力データとした。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = ABC \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

ただし、

$$A = \begin{pmatrix} \cos(\frac{\pi}{18}) & \sin(\frac{\pi}{18}) & 0 \\ -\sin(\frac{\pi}{18}) & \cos(\frac{\pi}{18}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B = \begin{pmatrix} 1.2 & 0 & 0 \\ 0 & 1.2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0.2 \\ 0 & 1 & 0.2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

である。

このようにして作成された入力データに対して、提案手法を適用し、どの程度の精度で正しい視線に較正できるかを調査した。バックミラー、右サイドミラー注視時の視線方向の 2 点を用いて較正用パラメータを求める場合と、バックミラー、右サイドミラー、正面注視時の視線方向の 3 点を用いて較正用パラメータを求める場合に分けて実験を行った。

較正の精度を評価するためのデータとして、水平方向  $-1.5$  rad から  $1.5$  rad、垂直方向  $-1.0$  rad から  $1.0$  rad の範囲において、 $0.1$  rad 間隔に点が分布した格子状の評価用データを作成した。このデータに対しても式 5 を用いて変換を行った。変

換後の評価用データは、ずれを想定したデータであり正しい視線との間にはずれが存在する。ミラー注視時の正しい視線方向と実験により求められた推定視線方向を用いて求められた較正用パラメータを使って評価用データの較正を行う。これにより、較正がどれほどできるかを評価する。

#### 4.4.2 実験結果

バックミラー、右サイドミラー、正面の3点の関係を用いた場合の評価用データの較正結果を図7に示す。

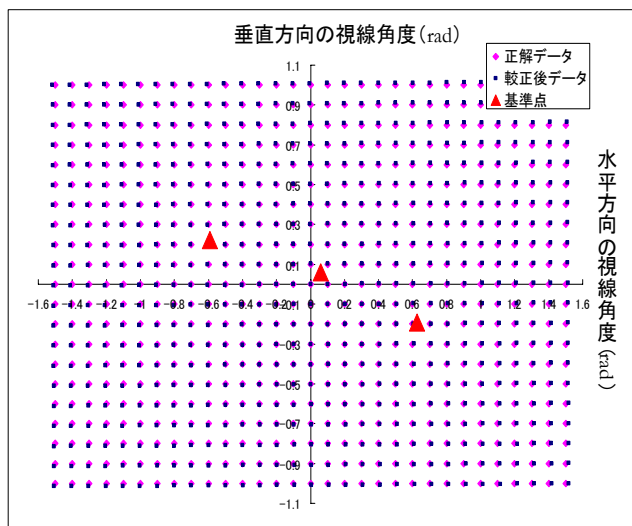


図7 3点を用いた場合の評価用データの較正結果

正解と較正後の評価用データの各点間のユークリッド距離を求めた。その平均値と標準偏差を表3に示す。

表3 評価用データの基準時と較正後の間のユークリッド距離 [rad]

基準点数	平均	標準偏差
2点	0.0098	0.0039
3点	0.0096	0.0038

#### 4.4.3 考察

2点による較正での平均誤差0.0098 radは、1 m離れた点で約1 cmの誤差に相当し、良好に較正できたといえる。2点による較正より3点による較正のほうがわずかながら良い結果となった。一般的に、較正に用いる基準点が多ければ多いほど、各点の推定誤差の影響を抑えることができるため、より精度が高い較正が行える。本実験の結果も同様になった。また、誤差は基準点に近いほど小さく、遠いほど大きいという結果となった。基準点の方向推定時に生じた誤差が、基準点から離れるほど較正結果に大きな影響を与えることが分かった。

これらのことから、基準点の数を増やすことは較正の精度向上に有効であり、また、広い範囲で誤差を小さくおさえるためにも有効であると考えられる。本実験では、左サイドミラーを見る際の視線が測定範囲外であったため視線計測が行えず、その視線データを使用することができなかった。今後、視線計測システムの設置位置を変えるなどして、左サイドミラーを見る際の視線データを計測し、基準点として利用することを検討したい。また、ミラー同様にドライバの視線が集まりやすいスピードメータを基準点として利用することも検討したい。

## 5. むすび

本稿では、ドライバの注視行動に基づく視線計測システムの自動較正手法を提案した。提案手法は、バックミラーと右サイドミラーを既知の基準点とし、車線変更時のドライバの視線データからバックミラー、右サイドミラー注視時の視線方向を推定し、較正を行うものである。

実験では、一般道を走行した際のドライバの視線データを使用した。14回分の車線変更時のデータを使用してミラー注視時の視線方向推定実験を行った結果、バックミラー、右サイドミラーともにそれらの方向を誤差0.05 rad以内で推定でき、良好に推定が行えることを確認した。また、適当なずれを想定した視線データを用いて較正実験を行った結果、平均誤差0.01 rad以内で視線を較正できることを確認した。

今後の課題を以下にまとめる。

- ミラー注視時の視線方向推定にさらに適した車線変更区間の検出
- 基準点の追加（左サイドミラー、スピードメータ）
- 複数ドライバの走行データに対する較正実験

## 謝辞

日頃より熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏に深く感謝する。また、本研究では画像処理にMISTライブラリ(<http://mist.suenaga.m.is.nagoya-u.ac.jp/>)を使用した。

## 文献

- [1] 警察庁，“警察庁統計，安全・快適な交通の確保に関する統計等” <http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm>
- [2] 大野健彦，武川直樹，吉川厚，“2点補正による簡易キャリブレーションを実現した視線計測システム”，情報処理学会論文誌，vol.44, no.4, pp.1136-1149, April 2003.
- [3] 藪内勉，宮元孝典，山本哲也，片淵典史，中山丈二，下倉健一朗，“FreeGazeを用いた視線追跡における自動キャリブレーション”，電子情報通信学会技術研究報告，HIP2004-23, July 2004.
- [4] Dario D. Salvucci, Andrew Liu, “The time course of a lane change: Driver control and eye-movement behavior”, Transportation Research, Part F, vol.5, no.2, pp.123-132, June 2002.
- [5] 吉村健志，伊藤博子，丹羽康之，福戸淳司，“長距離トラック運転における不安全運転行動の検出技術に関する研究”，産業保健人間工学第10回大会，産業保健人間工学研究，vol.7 特別号，pp.146-149, October 2005.
- [6] Seeing Machines ホームページ <http://www.seeingmachines.com/facelab.htm>
- [7] 赤穂昭太郎，“EM アルゴリズム：クラスタリングへの適用と最近の発展”，日本ファジィ学会誌，vol.12, no.5, pp.594-602, October 2000.